OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL

SETOR EXTRATIVO MINERAL

BRASÍLIA – 2010

CNI Confederação Nacional da Indústria

PROCEL INDÚSTRIA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL

Eletrobras

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade
Presidente em Exercício

Diretoria Executiva – DIREX

José Augusto Coelho Fernandes
Diretor

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor de Operações

Heloísa Regina Guimarães de Menezes
Diretora de Relações Institucionais

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL

IEL – Núcleo Central

Paulo Afonso Ferreira
Diretor-Geral

Carlos Roberto Rocha Cavalcante
Superintendente

ELETROBRAS

José Antônio Muniz Lopes
Presidente

Ubirajara Rocha Meira
Diretor de Tecnologia

Fernando Pinto Dias Perrone
Chefe do Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Chefe da Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL

SETOR EXTRATIVO MINERAL

IVO LEANDRO DORILEO
SÉRGIO VALDIR BAJAY
FILIPE DEBONZI GORLA

BRASÍLIA – 2010

CNI Confederação Nacional da Indústria
PROCEL INDÚSTRIA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL
Eletrobras

© 2010. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

CNI
Unidade de Competitividade Industrial – COMPI
Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Trabalho elaborado pela CNI em parceria com a Eletrobras, no âmbito do PROCEL INDÚSTRIA.

FICHA CATALOGRÁFICA

D696o

Dorileo, Ivo Leandro

Oportunidades de eficiência energética para a indústria: relatório setorial: setor extrativo mineral/ Ivo Leandro Dorileo, Sergio Valdir Bajay, Filipe Debonzi Gorla. – Brasília: CNI, 2010.

62 p.

ISBN 978-85-7957-014-8

1. Eficiência Energética 2. Extrativa Mineral I. Bajay, Sérgio Valdir II. Gorla, Filipe Debonji III. Título IV. Título: setor extrativo mineral

CDU: 336.226.46

CNI
Confederação Nacional da Indústria
Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992
Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C, Edifício Roberto Simonsen, 70040-903, Brasília-DF
Tel.: (61) 3317- 9001, Fax: (61) 3317- 9994
http://www.cni.org.br
Serviço de Atendimento ao Cliente / SAC
Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992
sac@cni.org.br

ELETROBRAS
Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro, 20071-003, Rio de Janeiro RJ, Caixa Postal 1639
Tel 21 2514–5151
www.eletrobras.com
eletrobr@eletrobras.com

PROCEL
Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares, Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ
www.eletrobras.com/procel
procel@eletrobras.com
Ligação Gratuita 0800 560 506

PROCEL INDÚSTRIA
Eficiência Energética Industrial
Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro, 20090-004, Rio de Janeiro RJ
Fax: 21 2514-5767
www.eletrobras.com/procel
procel@eletrobras.com
Ligação Gratuita 0800 560 506

Lista de Figuras

Figura 1
Processo de produção mineral **20**

Lista de Gráficos

Gráfico 1
Participação percentual da indústria extrativa mineral na formação do PIB, de 1995 a 2005 **26**

Gráfico 2
Evolução, de 1997 a 2005, do valor unitário de produção da indústria extrativa mineral no Brasil **26**

Gráfico 3
Relação entre investimentos, com recursos do BNDES, e valor adicionado na indústria extrativa mineral, no Brasil, de 1998 a 2005 **27**

Gráfico 4
Distribuição, por tipo de lavra, de minas grandes no território nacional, em 2005 **28**

Gráfico 5
Distribuição, por tipo de lavra, de minas médias no território nacional, em 2005 **28**

Gráfico 6
Distribuição, por tipo de lavra, de minas pequenas no território nacional, em 2005 **28**

Gráfico 7
Consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira, de 1970 a 2006 **34**

Gráfico 8
Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira, de 1970 a 2006 **35**

Gráfico 9
Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira em 2006 **35**

Gráfico 10
Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria extrativa mineral no Brasil, em 2006 **37**

Gráfico 11
Distribuição percentual, por usos finais, do consumo total de energia útil da indústria extrativa mineral no Brasil em 2006 **38**

Gráfico 12
Evolução das intensidades de energia térmica e de energia elétrica no período de 1996 a 2005 da indústria extrativa mineral **39**

Gráfico 13
Evolução do consumo específico de energia térmica, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral **41**

Gráfico 14
Evolução do consumo específico de energia elétrica, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral **41**

Gráfico 15
Evolução do consumo específico de energia total, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral **41**

Gráfico 16
Participação, na capacidade instalada, de usinas hidrelétricas por região do Brasil, em 2006 **42**

Gráfico 17
Participação, na capacidade instalada, de usinas termelétricas, por região do Brasil, em 2006 **42**

Gráfico 18
Potenciais de economia de energia na indústria extrativa mineral, segundo o Balanço de Energia Útil do MME, em 2006 **44**

Gráfico 19
Consumo e potencial de conservação de energia térmica na indústria extrativa mineral **53**

Gráfico 20
Consumo potencial de conservação de energia elétrica na indústria extrativa mineral **53**

Gráfico 21
Comparação entre potenciais de conservação de energia na indústria extrativa mineral **54**

Lista de Tabelas

Tabela 1
Produção bruta de minério por classes e substâncias no Brasil, em 2005 **16**

Tabela 2
Produção mineral bruta no Brasil, em toneladas, no período entre 1997 e 2005 **18**

Tabela 3
Balanço do comércio exterior da indústria extrativa mineral em 2005 **25**

Tabela 4
Evolução do preço médio de metais no mercado internacional. Unidade: US$/t **25**

Tabela 5
Valor adicionado da indústria extrativa mineral no Brasil, em 10^6 R$ de 2005, de 1995 a 2005 **26**

Tabela 6
Empréstimos do BNDES para investimentos da indústria de celulose e papel e da indústria gráfica no Brasil, em 10^6 R$ de 2005, de 1998 a 2005 **27**

Tabela 7
Número de empresas mineradoras e distribuição no território nacional, por categoria e por tipo de lavra, em 2005 **29**

Tabela 8
Principais empresas produtoras da indústria extrativa mineral no Brasil, em 2005, em ordem decrescente de participação no valor da produção comercializada **30**

Tabela 9
Distribuição percentual do consumo dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral no Brasil, por usos finais, em 2004 **36**

Tabela 10
Rendimentos médios de conversão, em %, estimados para 2004, dos energéticos consumidos na indústria extrativa mineral no Brasil **37**

Tabela 11
Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria extrativa mineral no Brasil, de 1996 a 2005 **39**

Tabela 12
Produção primária bruta de minérios, consumos energéticos, desagregados em energia térmica e eletricidade, e os respectivos consumos energéticos específicos da indústria extrativa mineral no Brasil, de 1997 a 2005 **40**

Tabela 13
Principais impactos ambientais da mineração no Brasil **47**

Tabela 14
Consumos específicos e produção para a indústria extrativa mineral **52**

Tabela 15
Potencial de conservação de energia na indústria extrativa mineral **53**

Lista de siglas e acrônimos

BEN: Balanço Energético Nacional

BEU: Balanço de Energia Útil

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CFEM: Compensação Financeira pela Exploração Mineral

CGEE: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CETEM: Centro de Tecnologia Mineral

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

FDTE: Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM: Instituto Brasileiro de Mineração

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

MDL: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MINEROPAR: Minerais do Paraná S.A.

MME: Ministério de Minas e Energia

PIB: Produto Interno Bruto

VA: Valor Adicionado

Sumário

1 INTRODUÇÃO **13**

2 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA **15**
- 2.1 Produtos, matérias primas e produção **16**
- 2.2 Etapas do processo produtivo **18**
  - 2.2.1 *Extração* **18**
  - 2.2.2 *Beneficiamento* **19**

3 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA **23**
- 3.1 Introdução **24**
- 3.2 Produção, balanço do comércio exterior e preços **24**
- 3.3 Indicadores macroeconômicos **25**
- 3.4 Distribuição regional da produção e principais empresas **27**
- 3.5 Planos de investimentos **31**

4 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA **33**
- 4.1 Consumo de energia **34**
- 4.2 Distribuição dos consumos de energia final e energia útil por usos finais **36**
- 4.3 Intensidades elétrica e de energia térmica **38**
- 4.4 Consumos energéticos específicos **40**
- 4.5 Autoprodução de energia elétrica **42**

5 POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA **43**

6 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL **45**
- 6.1 Principais resíduos sólidos, líquidos e gasosos produzidos **46**
- 6.2 Legislação e medidas mitigadoras **46**

7 METODOLOGIA DE CÁLCULO DO POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL **49**

8 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CALCULADOS COM OS ENCONTRADOS NA LITERATURA TÉCNICA **51**
- 8.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade **52**
- 8.2 Potencial de conservação de energia **52**
- 8.3 Potencial de conservação segundo o BEU **54**

9 BARREIRAS AO USO RACIONAL DE ENERGIA **55**

10 CONCLUSÃO **57**

REFERÊNCIAS **59**

GLOSSÁRIO **63**

1 Introdução

1 Introdução

Este trabalho tem o objetivo de identificar e avaliar os potenciais de conservação de energia no setor da indústria extrativa mineral, visando à implementação de projetos de eficiência energética na indústria. O estudo, inicialmente, caracteriza este setor energo-intensivo sob os pontos de vista técnico, econômico, energético e ambiental e, em seguida, é mostrada a metodologia utilizada para o cálculo dos potenciais de conservação e comparados os resultados com os encontrados na literatura técnica. São comentadas, por fim, algumas barreiras existentes para as ações de conservação de energia na indústria extrativa mineral.

2 Caracterização Técnica

2 Caracterização Técnica

2.1 Produtos, matérias primas e produção

A indústria extrativa mineral compreende toda a indústria extrativa de minerais metálicos e não metálicos, com exceção dos energéticos (carvão, petróleo e xisto pirobetuminoso). Abrange as atividades de beneficiamento, associadas ou em continuação à extração, como a moagem, trituração, classificação, concentração, pelotização, sinterização etc. Inclui ainda a fragmentação de pedras para utilização como matéria-prima na produção de cal e cimento ou como material para construção e, também, o britamento de pedra associado à extração (MINEROPAR, 2006).

O processo de pelotização consiste na aglomeração de finos produzidos durante a lavra, beneficiamento e manuseio, para utilização em outros processos. Para o minério de ferro, a pelotização torna os finos do minério adequados à aplicação nos reatores de redução para a produção de ferro primário.

Por se tratar de bens básicos, utilizados como matéria-prima na indústria de transformação, na aplicação direta na construção civil e na agricultura, como insumo ou corretivo de solo, a demanda por bens minerais é derivada da atividade econômica desses setores e, portanto, fortemente influenciada pelo comportamento geral da economia.

A produção bruta brasileira de minerais por classe e substância está mostrada na Tabela 1, mas não consta a produção de água mineral. O desempenho da produção por minério, no ano 2005, apresentou, entre os metálicos, uma liderança do minério de ferro, com 65% da produção, da ordem de 376 milhões de toneladas, a segunda no ranking mundial. O titânio apresentou a segunda maior produção, com 6,3% do total, e a bauxita, a terceira, com 5,4%. Entre os não-metálicos, destacaram-se a areia e o calcário, que representaram 50% e 14%, respectivamente, da produção, excluindo a água mineral. Quando incluídos outros minerais (gemas, diamantes e os energéticos), equivalem a 63,35% da produção mineral global.

Tabela 1
Produção bruta de minério por classes e substâncias no Brasil, em 2005

Classe/Substância	Quantidade (ROM)	Contido	Teor Médio
Metálicos			
Alumínio (Bauxita)	31.194.142 t	11.010.006.78 t	35.30 % $Al20_3$
Chumbo	891.080 t	19.604.05 t	2.20 % Pb
Cobre	18.190.048 t	182.615.44 t	1.00 % Cu
Cromo	1.716.143 t	308.873.37 t	18.00 % Cr_2O_3
Estanho	24.041.692 t	12.221.11 t	508.33 g/t Sn
Ferro	376.195.336 t	229.116.026.09 t	60.90 % fe
Lítio	60.731 t	815.63 t	1.34 % Li_2O
Manganês	6.429.393 t	2.597.202.85 t	40.40 % Mh
Monazita e Terras-Raras	431.762 t	958.03 t	0.22 % TR
Nióbio	12.633.102 t	87.745.14 t	0.69 % nb 20_5
Níquel	4.849.504 t	74.216.48 t	1.53 % Ni
Ouro	28.369.266 t	34.28 t	1.21 g/t Au
Prata	17.200.013 t	0.36 t	0.02 g/t Ag
Tântalo	2131.814 t	21.85 t	10.25 g/t Ta_2O_5

Classe/Substância	Quantidade (ROM)	Contido	Teor Médio
Titânio	36.253.585 t	1.504.219.99 t	4.15 % TiO_2
Turqstênio	18.543 t	117.58 t	0.63 % WO_3
Zinco	2.207.857 t	223.291.83 t	10.11 % Zn
Zircônio	13.439.387 t	26.175.90 t	1.947.70 g/t $ZrsiO_4$
Não-Metálicos			
Amianto	3.668.615 t	273.605.29 t	7,46 % Fibra
Areia	145.371.727 m^2	-	-
Areias Industriais	7.392.822 t	-	-
Argilas	22.545.416 t	-	-
Bário	52.094 t	42.923.90 t	82.40 % $BaSO_4$
Calcário	80.379.623 t	-	-
Caulim	6.621.824 t	-	-
Cianita e outros minerais Refratários	12.000 t	-	-
Diatomita	7.549 t	-	-
Dolomito e Magnesita	6.558.447 t	-	-
Enxofre	1.504.765	71.144.39 t	4.73 % S
Feldspato,Leucita e Nefelina-Sienito	291.978 t	-	-
Flourita e Cleorita	201.435 t	67.798.00 t	33.66 % CaF_2
Fosfato	34.533.549 t	3.326.263.08 t	9.63 % P_2O_5
Geodos,ágatas,Calcedônia,etc	1.631 t	-	-
Gipsita	1.489.825 t	-	-
Grafita	1.318.737 t	95.082.94 t	7.21 % Graf
Mica	15.060 t	-	-
Potássio	2.311.685 t	404.871.00 t	17.51 % k_2O
Quartzo (Cristal)e outros Piezelétricos	18 t	-	-
Rochas(Britadas) e Cascalho	54.212.081 m^2	-	-
Rochas Ornamentais	761.216 m^2	-	-
Rochas Ornamentais- outras	209.605 m^2	-	-
Sal	7.078.602 t	-	-
Talco e outras Cargas Minerais	2.536.398 t	-	-
Vermículita e Perfita	170.616 t	110.431.92 t	64,73 % verm.
Gemas e Diamantes			
Diamante	n.d (1)	n.d (1)	n.d (1)
Gemas	n.d (1)	n.d (1)	n.d (1)
Energéticos			
Carvão Mineral	12.829.806 t	-	-
Turfa	99.915 t	-	-
Urânio e outros Radioativos	57.569 t	165.00 t	0.29 % U_3O_8

(1) Dados não-disponíveis
Consulte os apêndices A1, A2 e E.

Fonte: MME. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 2006

A evolução, de 1997 a 2005, da produção primária bruta de minério no Brasil está indicada na Tabela 2, na qual estão excluídas a produção de água mineral e dos minerais energéticos (turfa, petróleo, xisto, urânio e outros minerais radioativos).

O desempenho da produção mineral brasileira é reflexo natural das características da sua geodiversidade, dimensão territorial e dos atributos naturais de inúmeras e significativas possibilidades de aproveitamento para seus recursos minerais (MME, 2006).

Tabela 2
Produção mineral bruta no Brasil, em toneladas, no período entre 1997 e 2005

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Metálicos	361.318.069	341.352.883	346.630.919	362.731.183	377.186.417	319.475.201	435.276.767	501.295.008	576.253.398
Não-Metálicos**	651.936.977	654.509.853	660.349.778	759.994.148	560.777.967	584.508.740	520.486.142	516.826.369	580.491.521
Gemas e Diamantes	16.375.318	16.375.318	19.261.012	22.941.659	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total (exclusos gemas e diamantes)	1.013.255.046	995.862.736	1.006.980.697	1.122.725.331	937.964.384	903.983.941	955.762.909	1.018.121.377	1.156.744.919
Total geral	**1.029.630.364**	**1.012.238.054**	**1.026.241.709**	**1.145.666.990**	**937.964.384**	**903.983.941**	**955.762.909**	**1.018.121.377**	**1.156.744.919**

n.d.: Não disponível

**Nesta tabela não constam a produção de água mineral e minerais energéticos

Fonte: DNPM, 2006

2.2 Etapas do processo produtivo

Cada jazida requer uma tecnologia específica, decorrente de suas características geológicas próprias. No entanto, as etapas produtivas da indústria extrativa mineral no Brasil seguem, em sua maioria, o método de mineração por desmonte em minas de superfície. As principais etapas são a extração e o beneficiamento.

2.2.1 Extração

Na etapa de extração, as principais atividades são:

- Limpeza da vegetação;
- Decapeamento;
- Perfuração e jateamento;
- Extração;
- Carregamento;
- Transporte;
- Reabilitação das áreas escavadas.

A operação de desmonte é precedida de perfuração na bancada da rocha, para execução dos furos, onde serão colocados os explosivos. Com a detonação, obtém-se rocha fragmentada em blocos, que são carregados e transportados para a unidade de beneficiamento, ou às bancas de estéril, dependendo da sua natureza (SAMA, 2006).

No processo de desmonte, o decapeamento consiste na retirada da vegetação, solo e rocha para expor o minério à lavra. São feitos cortes regulares no terreno, nos quais se deposita, lateralmente, o material orgânico, e a camada estéril é colocada em cortes adjacentes, onde o mineral é escavado.

O desmonte pode ser feito mecanicamente, retirando-se o material mineralizado através de pás mecânicas (escavadeiras) ou outros equipamentos, e transportado em caminhões basculantes de grande porte até a planta de beneficiamento.

Outro método baseia-se na desagregação do material (rochas pouco consolidadas) por jatos de água (desmonte hidráulico). A profundidade da escavação e a alternativa de continuidade da extração pelo método de lavra subterrânea são decisões que dependem de estudos de viabilidade.

As atividades de perfuração e jateamento têm o objetivo de concentrar o mineral, constituindo-se, basicamente, da redução de tamanho, lavagem e classificação. Com a fragmentação (ou cominuição) do maciço rochoso na frente da lavra, é possível obter diâmetros compatíveis com os equipamentos de carregamento, transporte e tramonha (estrada) do britador primário. Blocos maiores que 1m de diâmetro sofrem desmonte secundário. O produto fragmentado influencia diretamente o rendimento dos processos de concentração subsequentes, portanto a distribuição granulométrica resultante do circuito de cominuição (britagem e moagem) deve ter um melhor aproveitamento dos recursos (Delboni Jr., 2007).

O número de estágios de britagem depende do tamanho da alimentação e da qualidade do produto final, passando o controle da granulometria e formato da brita a ficar mais preciso de acordo com as etapas secundária, terciária e quaternária (fabricação de areia). Neste processo são utilizados britadores elétricos dos tipos de mandíbulas, cônicos, de impacto horizontal e outros.

A moagem reduz o material a dimensões menores que 5-20 mm e pode ser realizada por três métodos: cascateamento por queda livre, agitação ou vibração. Há uma grande variedade de moinhos elétricos: de bolas, cônicos de bolas, com roletes de borracha, vibratórios de bolas, de barras e outros.

2.2.2 Beneficiamento

O beneficiamento, como processamento adicional de produtos finais, representa uma melhoria do valor do produto, fazendo com que o concentrado assuma características propícias para o transporte, ou atinja um estado completamente seco. O processamento pode ir além, por meio da calcinação e sinterização[1] . Para os materiais refugados (ou resíduos), o beneficiamento consiste em um processamento que visa proteger o meio ambiente, recuperar a água de lavagem e converter certas frações em material de valor (Metso Minerals, 2007).

A lavagem, a ciclonagem, a deslamagem, a separação magnética e a filtragem são as principais operações unitárias presentes no processo de beneficiamento de minerais (Tolmasquim e Szklo, 2000).

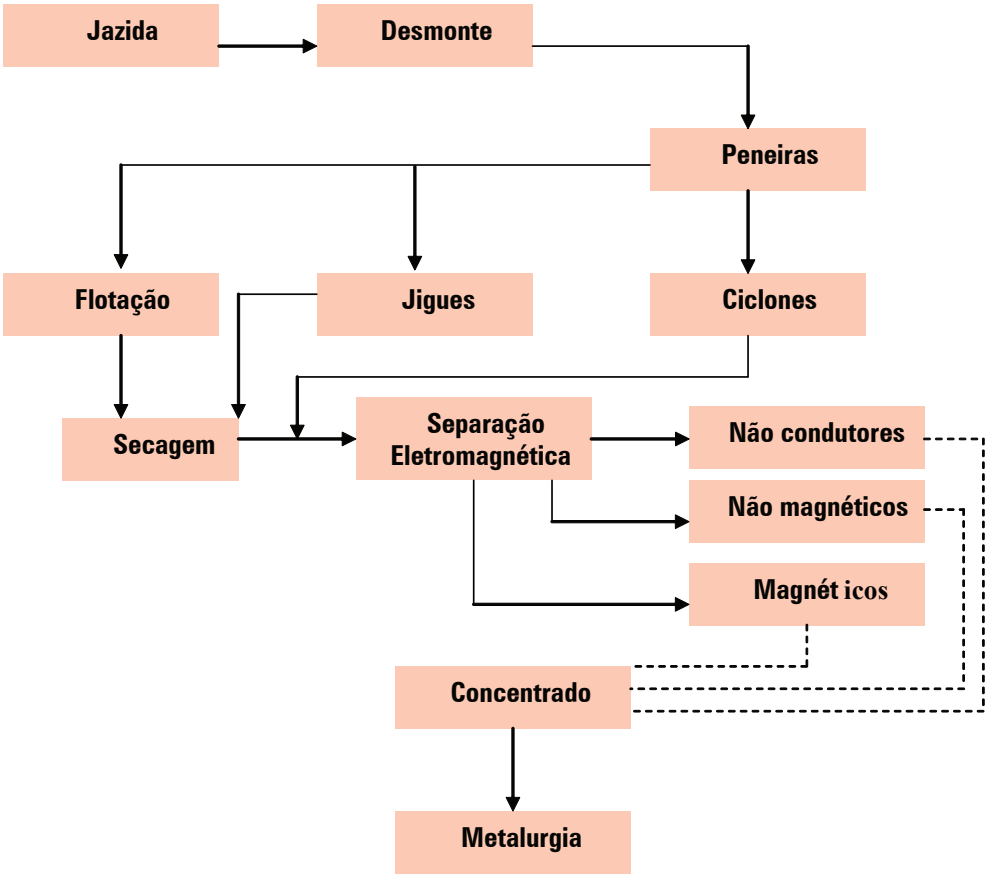
Na lavagem, um equipamento classificador separa as partículas em vários produtos conforme a granulometria, separa também as partículas finas das grossas, as leves das pesadas e separa o líquido das partículas sólidas.

Conforme o comportamento dos minerais, a separação pode ocorrer por gravidade, flotação, magnetismo ou lixiviação. Separadores magnéticos podem ser de tambor de correia, cíclico, contínuo e outros.

[1] Calcinação é o tratamento, através de uma reação endotérmica, de remoção da água, CO2 e de outros gases ligados fortemente e quimicamente a uma substância - tipicamente hidratos e carbonatos. Sinterização é um processo químico de aglutinação de partículas com difusão dos átomos das redes cristalinas.

Em um processo chamado de piro-processamento, fornos rotativos (secadores) são utilizados para alterar as propriedades mecânicas e/ou químicas pela adição ou remoção de calor.

A Figura 1 ilustra as principais etapas de produção mineral e mostra um processo de beneficiamento genérico.



Fonte: Retirada de Tolmasquim et al., 2000.

Figura 1
Processo de produção mineral

A indústria de minérios metálicos tem fomentado a pesquisa e o desenvolvimento de métodos de gestão inovadores e novos equipamentos. O foco principal das pesquisas tem sido a integração das operações de britagem e moagem ao desmonte, além da previsão do grau de liberação do produto moído (uma operação complexa de fraturamento da estrutura cristalina que determina a liberação das espécies presentes). A quantificação da liberação dos minerais presentes é a etapa que deverá ligar modelos de equipamentos de cominuição aos de concentração, como flotação e métodos densitários (CETEM, 2006).

Segundo o Balanço de Energia Útil do Ministério de Minas e Energia (MME, 2005a), a energia elétrica, que representa 31,5% do total do consumo de energia da indústria extrativa mineral, é utilizada para força motriz (98%), iluminação (0,9%), automação e pequenos processos (outras aplicações, 1,1%). Es-

tão, portanto, nos sistemas motrizes das etapas de extração e de beneficiamento, as oportunidades de economia de eletricidade, nos equipamentos de britagem (britadores) e de cominuição (moinhos), e ainda, nos motores dos equipamentos de lavagem, separação e ciclonagem.

3 Caracterização Econômica

3 Caracterização Econômica

3.1 Introdução

A descoberta de novas reservas deve sustentar a produção da indústria extrativa mineral no longo prazo, com taxas adequadas de investimento na fase de pesquisa mineral (5% do valor da produção, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral, do Ministério de Minas e Energia (DNPM, 2002), mas a média brasileira não tem passado de 1% na última década).

O País possui um grande potencial mineral, porém ele é pouco aproveitado em virtude da falência dos investimentos do Estado no conhecimento geológico básico, desde o final da década de 1970, e das dificuldades de financiamento para obtenção desse conhecimento prévio. O investimento na implantação, expansão e manutenção da capacidade de produção reduziu-se de uma média de US$ 856 milhões entre 1978 e 1989 para US$ 592 milhões no período de 1990 a 2001, prejudicando todo o ciclo de investimentos na indústria mineral (MME, DNPM, 2002).

3.2 Produção, balanço do comércio exterior e preços

O fluxo de comércio exterior do setor mineral brasileiro registrou em sua balança comercial, em 2005, um superávit de US$ 9,69 bilhões, 129% maior que o superávit de 2004, de US$ 4,23 bilhões. Estes números confirmam a tendência de recuperação do saldo da balança comercial do setor, iniciada no ano 2002 (US$ 2,84 bilhões) (DNPM, 2006).

A contribuição do setor às exportações brasileiras, em 2005, foi de 8,2%. Suas principais commodities de exportação (exceto petróleo) foram o minério de ferro (55,4%), rochas ornamentais (4,4%), cobre (2,3%) e alumínio (1,7%); outros minerais responderam por 4,5% das exportações.

A inserção competitiva da extração brasileira de minério de ferro ocorre pelo fato de o País dispor de jazidas de boa qualidade deste minério, além do fato de as jazidas chinesas, de menor qualidade para uso siderúrgico, necessitarem de realização de "blend" com minérios de qualidade superior[1] (DNPM, 2006). A China respondia, em 2005, por 23% da importação do minério.

No que se refere às importações, entre os bens minerais primários, exceto o petróleo, o carvão (14,6%), o potássio (6,6%), o cobre (3,7%), o molibdênio (1,7%) e outros (3,7%) formaram a pauta de importação (DNPM, 2006).

A Tabela 3 mostra o balanço do comércio exterior do setor em 2005.

[1] Destaca-se o acordo firmado pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) com a Baosteel, maior siderúrgica chinesa, para fornecimento de minério de ferro até 2016, em volumes progressivos de embarque, que deverão alcançar 14 mil toneladas em 2010 (DNPM, 2004).

Tabela 3
Balanço do comércio exterior da indústria extrativa mineral em 2005

	Exportação		Importação		Saldo	
Tipos de Produtos	Quantidade (1.000 t)	Valor US$ 1.000 - FOB	Quantidade (1.000 t)	Valor US$ 1.000 - FOB	Quantidade (1.000 t)	Valor US$ 1.000 - FOB
Brasil	268.382	24.410,50	36.164	9.368.498	232.218	15.042.056
- Bens Primários	239.004	8.977.767	26.825	3.649.822	212.179	5.327.945
- Semi manufaturados	16.839	7.880.754	669	1.519.110	16.170	6.361.644
- Manufaturados	11.239	7.000.707	1.885	2.441.626	9.354	4.558.081
- Compostos químicos	1.300	551.321	6.785	1.756.940	-5.485	-1.205.619

Fonte: DNPM, 2006

Os municípios com vocação minerária têm-se valido de aumentos significativos nas receitas públicas, por conta dos valores recolhidos da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM). A CFEM se destaca como receita com relevante progressão anual (19 % a.a. entre os anos 2000 e 2004), conferindo aos municípios índices de desenvolvimento, como o IDH, cada vez maiores, com hegemonia de municípios dos Estados de Minas Gerais (50,1%), Pará (29,6%) e Goiás (3,7%). O minério de ferro foi o mineral que proporcionou a maior arrecadação de CFEM, com 49,9% do total, em 2005, seguido pelo alumínio (8,9%), caulim (4,2%), calcário (3,7%) e ouro (3,2%).

A evolução, de 1998 a 2004, dos preços médios internacionais de algumas commodities do setor está indicada na Tabela 4.

Tabela 4
Evolução do preço médio de metais no mercado internacional. Unidade: US$/t.

Metal	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Al	1.357,0	1.361,0	1.549,0	1.443,0	1.350,0	1.491,0	1.594,0
Cu	1.653,0	1.572,0	1.813,0	1.578,0	1.559,0	1.778,0	2.784,0
Pb	528,0	502,0	453,0	475,0	452,0	514,0	821,0
Sn	5.553,0	5.396,0	5.430,0	4.448,0	4.055,0	4.889,0	7.421,0
Ni	4.626,0	6.008,0	8.634,0	5.941,0	6.768,0	9.459,0	14.251,0
Zn	1.024,0	1.076,0	1.127,0	885,0	778,0	827,0	1.060,0

Fonte: DNPM (2006)

3.3 Indicadores macroeconômicos

A Tabela 5 mostra a evolução, de 1995 a 2005, do Valor Adicionado[2] (VA) da indústria extrativa mineral no Brasil, em R$ constantes de 2005. Pode-se observar, nesta tabela, um forte crescimento sustentado de 2001 a 2005. O crescimento médio anual do VA no período de 1995 a 2005 foi de 4,6% a.a., bem superior ao crescimento médio do PIB no mesmo período – 2,4% a.a..

[2] O valor adicionado é a medida do valor que se agrega à produção, expressa pela diferença entre o valor bruto da produção e o consumo intermediário (valor dos insumos utilizados no processo produtivo) do setor.

O Gráfico 1 ilustra como evoluiu, no período de 1995 a 2005, a participação da indústria extrativa mineral na formação do PIB nacional. Houve um aumento de 0,58% em 1995, para 0,72% de participação em 2 005, com uma média, ao longo deste período, de 0,57%.

Tabela 5
Valor adicionado da indústria extrativa mineral no Brasil, em 10^6 R$ de 2005, de 1995 a 2005

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
9.750	9.154	9.194	8.753	10.673	9.600	8.908	10.830	11.293	14.905	15.359

Fonte: Disponível em: <www.ibge.gov.br>

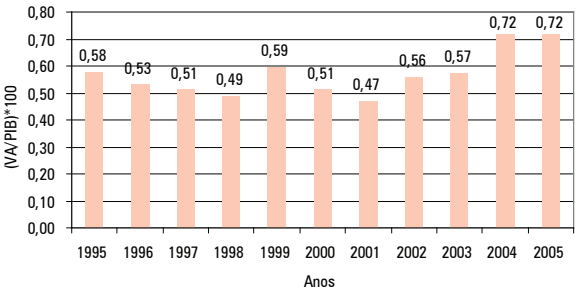
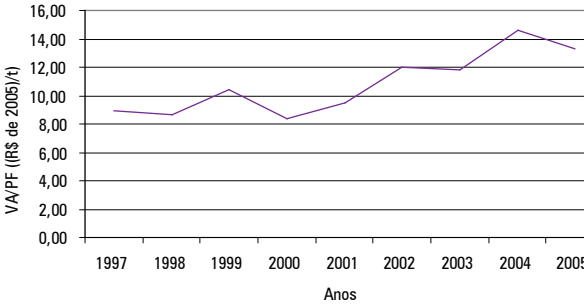


Gráfico 1
Participação percentual da indústria extrativa mineral na formação do PIB, de 1995 a 2005

Dividindo-se os valores adicionados (VA) anuais da indústria extrativa mineral, da Tabela 5, pelos valores correspondentes de produção física total (PF), obtém-se a série de valores unitários de produção desta indústria ilustrada no Gráfico 2. Pode-se constatar, nesta figura, um crescimento significativo deste indicador no período de 2000 a 2004, seguido de uma pequena queda em 2005.



Fonte: Elaboração própria, com dados do IBGE e do DNPM

Gráfico 2
Evolução, de 1997 a 2005, do valor unitário de produção da indústria extrativa mineral no Brasil

Não foram encontrados, na literatura econômica consultada, dados sobre os investimentos totais anuais da indústria extrativa mineral no Brasil. A Tabela 6 mostra os empréstimos anuais do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para esta indústria, de 1998 a 2005. Pode-se constatar, nesta tabela, fortes oscilações e investimentos elevados em 1998 e em 2001.

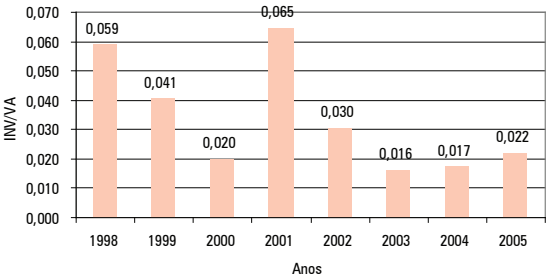
Tabela 6
Empréstimos do BNDES para investimentos da indústria de celulose e papel e da indústria gráfica no Brasil, em 10^6 R$ de 2005, de 1998 a 2005

1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	*2005*
515,8	435,8	191,8	577,1	329,7	182,2	260,1	337,7

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados, em R$ correntes, do BNDES (Disponível em: <www.bndes.gov.br/estatisticas>)

Em 2006 e 2007 esta indústria investiu bem mais do que nos anos anteriores representados na Tabela 6: 1,46 e 1,05 bilhões de Reais, respectivamente, em moeda corrente (Disponível em: <www.bndes.gov.br/estatísticas>).

O Gráfico 3 ilustra dois ciclos de investimentos desta indústria, com a fase ascendente do ciclo mais recente só parcialmente representada na figura.

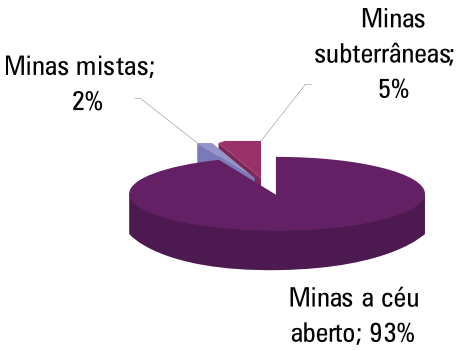


Fonte: Elaboração própria, com os dados das Tabelas 5 e 6

Gráfico 3
Relação entre investimentos, com recursos do BNDES, e valor adicionado na indústria extrativa mineral, no Brasil, de 1998 a 2005

3.4 Distribuição regional da produção e principais empresas

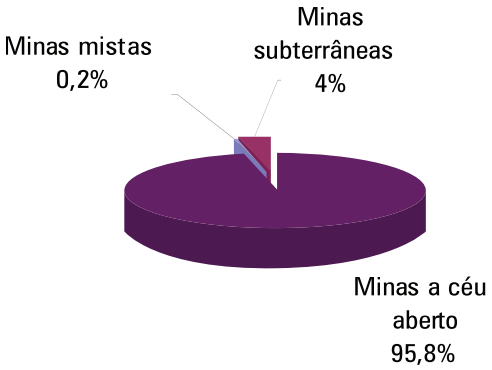
Em 2005, a produção mineral brasileira estava distribuída no território nacional conforme indicado na Tabela 7. Esta distribuição refere-se às lavras das minas com quantidade de minério processado acima de 10.000 t/ano. As empresas de lavra a céu aberto são 98% do total. Entre estas, as pequenas lavras correspondem a 73,3% do conjunto, dos quais, 42% estão na região Sudeste. Por outro lado, a região Sul possui 39% das lavras subterrâneas do País, entre todas as categorias. No entanto, as grandes mineradoras da região Norte têm uma participação relativa maior, da ordem de 11,2%. Entre as grandes, ainda a região Norte responde por 12% do total do Brasil, e a região Sudeste por 63%. O Gráfico 4, Gráfico 5 e Gráfico 6, mostram as participações relativas dos tipos de lavras, por categoria de mina, no total de empresas mineradoras do Brasil, em 2005.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do DNPM, 2007

Gráfico 4

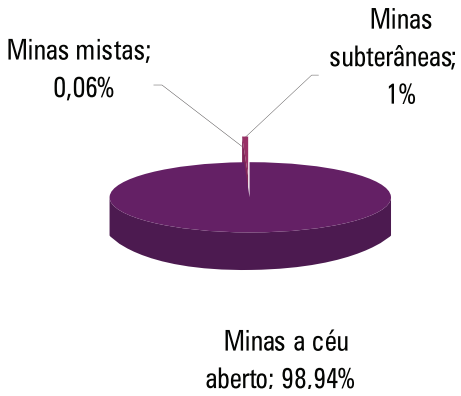
Distribuição, por tipo de lavra, de minas grandes no território nacional, em 2005



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do DNPM, 2007

Gráfico 5

Distribuição, por tipo de lavra, de minas médias no território nacional, em 2005



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do DNPM, 2007

Gráfico 6

Distribuição, por tipo de lavra, de minas pequenas no território nacional, em 2005

Tabela 7
Número de empresas mineradoras e distribuição no território nacional, por categoria e por tipo de lavra, em 2005

Região / UF		Grandes			Médias			Pequenas			Subtotal			Total
		CA	M	S	CA	M	S	CA	M	S	CA	M	S	
Brasil		101	2	5	542	1	20	1.770	1	13	2.413	4	38	2.455
Centro-Oeste		11	-	-	44	-	3	167	-	2	222	-	5	227
	DF	2	-	-	2	-	-	10	-	-	14	-	-	14
	GO	5	-	-	20	-	2	84	-	1	109	-	3	112
	MS	2	-	-	8	-	1	34	-	-	44	-	1	45
	MT	2	-	-	14	-	-	39	-	1	55	-	1	56
Nordeste		5	1	1	58	-	6	243	1	1	306	2	8	316
	AL	-	-	-	3	-	1	7	-	-	10	-	1	11
	BA	1	1	-	16	-	4	31	1	-	48	2	4	54
	CE	1	-	-	7	-	-	65	-	-	73	-	-	73
	MA	-	-	-	5	-	-	34	-	-	39	-	-	39
	PB	2	-	-	7	-	-	15	-	-	24	-	-	24
	PE	-	-	-	10	-	-	41	-	-	51	-	-	51
	PI	-	-	-	3	-	-	18	-	-	21	-	-	21
	RN	-	-	-	2	-	1	20	-	1	22	-	2	24
	SE	1	-	1	5	-	-	12	-	-	18	-	1	19
Norte		13	-	-	11	-	-	91	-	1	115	-	1	116
	AC	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3
	AM	1	-	-	1	-	-	6	-	-	8	-	-	8
	AP	1	-	-	1	-	-	2	-	-	4	-	-	4
	PA	6	-	-	5	-	-	35	-	-	46	-	-	46
	RO	5	-	-	3	-	-	15	-	-	23	-	-	23
	RR	-	-	-	-	-	-	2	-	1	2	-	1	3
	TO	-	-	-	1	-	-	28	-	-	29	-	-	29
Sudeste		66	1	1	295	1	3	751	-	5	1.112	2	9	1.123
	ES	2	-	-	9	-	-	50	-	-	61	-	-	61
	MG	48	1	1	85	-	3	246	-	4	379	1	8	388
	RJ	2	-	-	33	-	-	108	-	1	143	-	1	144
	SP	14	-	-	168	1	-	347	-	-	529	1	-	530
Sul		6	-	3	134	-	8	518	-	4	658	-	15	673
	PR	3	-	-	39	-	2	112	-	-	154	-	2	156
	RS	3	-	-	53	-	-	180	-	-	236	-	-	236
	SC	-	-	3	42	-	6	228	-	4	268	-	13	281

Fonte: MME, DNPM, 2006.

Nota: Grandes: capacidade maior que 1.000.000 t/ano; médias: maior que 100.000 até 1.000.000 t/ano; pequenas: maior que 10.000 até 100.000 t/ano. CA: Mina a céu aberto; M: Mina mista (subterrânea e céu aberto); S: Mina subterrânea.

A Tabela 8 apresenta as principais empresas ativas, em 2005, na qual se observa a supremacia da Companhia Vale do Rio Doce e da Minerações Brasileiras Reunidas S/A – MBR nas atividades minerárias no Brasil, e a diluição de 46,08% da produção entre as demais empresas.

Tabela 8
Principais empresas produtoras da indústria extrativa mineral no Brasil, em 2005, em ordem decrescente de participação no valor da produção comercializada

Empresas	Principais substâncias produzidas	Participação (%)
1 Companhia Vale do Rio Doce	Areia, Cobre, Ferro, Ouro (Primário), Paládio, Potássio, Prata (Secundária), Rochas (Britadas) e Cascalho	40,24
2 Minerações Brasileiras Reunidas S/A - MBR	Argilas refratárias, Bauxita Metalúrgica, Calcário (Rochas), Ferro, Filito, Quartzo	13,68
3 Mineração Rio do Norte S/A	Areia, Bauxita Metalúrgica	3,67
4 Companhia Níquel Tocantins	Cobalto, Cobre, Níquel	3,01
5 Anglo American Brasil Ltda	Fosfato, Nióbio (Rirocloro), Níquel	1,52
6 Companhia Siderurgica Nacional	Calcário (Rochas), Ferro	1,33
7 Rio Doce manganês S/A	Manganês	1,17
8 Anglogold Ashanti Mineração Ltda	Enxofre, Ouro (Primário), Prata (Primária)	1,04
9 Imerys Rio Capim Caulim S/A	Caulim	1,01
10 SAMA - Mineração de Amianto Ltda	Amianto (Crisotila)	0,87
11 Mineração Caraiba S/A	Cobre, Prata (Primária)	0,86
12 Samarco Mineração S/A	Ferro	0,86
13 Cadam S/A	Caulim	0,72
14 Fertilizantes Fosfatados S/A	Fosfato, Titânio (Anatásio)	0,72
15 Mineração Serra Grande S/A	Ouro (Primário), Prata (Primária)	0,71
16 Ultrafertil S/A	Fosfato	0,69
17 Rio Paracatu Mineração S/A	Ouro (Primário), Prata (Primária)	0,68
18 Magnesita S/A	Agalmatolito, Areia Industrial, Argilas Comuns, Argilas Plásticas, Argilas Refratárias, Bauxita Metalúrgica, Caulim, Cianta e outros Minerais Refratários, Cromo, Dolomito, Feldspato, Filito, Gemas (Primária), Magnesita, Quartzito Industrial, Talco	0,68
19 Mineração Serra da Fortaleza S/A	Cobre, Enxofre, Níquel	0,64
20 Mineração Curimbaba Ltda	Arginas Refratárias, Bauxita Metalúrgica, Bauxita Refratária, Feldspato, Leucita e Nefelina-Sienito, Rochas (Britadas) e Cascalho, Zircônio (Óxidos)	0,58
21 Pará Pigmentos S/A	Caulim	0,55
22 Bunge Fertilizantes S/A	Calcário (Rochas), Ferro, Fosfato, Rochas (Britadas) e Cascalho, Turfa	0,54
23 Urucum Mineração S/A	Ferro, Manganês	0,53
24 V & M Mineração Ltda	Ferro	0,48
25 Mineração Taboca S/A	Cassiterita (Primária), Cassiterita (Secundária), Nióbio (Columb/Tantal)-Prim., Tântalo (Columb/Tantal)-Prim.	0,44

Empresas	Principais substâncias produzidas	Participação (%)
26 Votorantim Metais Zinco S/A	Calcário (Rochas), Chumbo, Zinco	0,4
27 Cia de Ferro Ligas da Bahia - FERBASA	Calcário (Rochas), Cromo	0,38
28 Mineração Jundu Ltda	Areia, Areia Industrial, Calcário (Rochas), Dolomito, Feldspato	0,35
29 Coperbras Ltda	Fosfato	0,33
30 Rio Verde Mineração S/A	Ferro	0,32
31 Nacional de Grafite Ltda	Grafita	0,31
32 Spal Indústria Brasileira de Bebidas S/A	Água Mineral	0,3
33 Mineração J. Mendes Ltda	Ferro	0,3
34 Cimento Rio Branco S/A	Argilas Comuns, Argilas Plásticas, Calcário (Rochas), Dolomito, Filito, Rochas (Britadas) e Cascalho	0,28

Fonte: DNPM, MME, 2006

3.5 Planos de investimentos

O Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) reviu, pela quarta vez, a projeção de recursos para investimentos no setor para os próximos cinco anos. O novo montante chega a US$ 48,2 bilhões até 2012, o que representa um aumento de 50% sobre o orçamento anterior. A entidade afirmou que a alta dos preços dos minerais e a dependência brasileira para importação de matérias-primas para produção de fertilizantes contribuíram para o novo ciclo de investimentos.

Os projetos de minério de ferro consumirão US$ 27 bilhões do total, o que permitirá ao Brasil duplicar sua produção nesse período, dos atuais 350 milhões t/ano para 700 milhões t/ano. A produção de níquel deve aumentar de 82 mil t/ano para 286 mil t/ano, até 2011. Os investimentos de níquel são de US$ 6,2 bilhões. Os empreendimentos de cobre receberão US$ 1,7 bilhão para garantir um incremento de produção de 148 mil t/ano para 376 mil t/ano. Bauxita e alumina terão US$ 5,742 bilhões.

O alumínio primário, no entanto, não está contemplado neste plano de investimentos. A produção do metal deve aumentar pouco, das atuais 1,6 milhões de t/ano para 1,76 milhão t/ano até 2012. O principal problema para aportes em alumínio é a oferta de energia.

A Companhia Vale do Rio Doce pretende dobrar a produção de níquel nos próximos quatro a cinco anos, para 500 mil toneladas anuais. Ela deve investir cerca de US$ 2 bilhões por ano para atingir essa meta.

A Vale se tornou a maior produtora mundial de níquel depois de adquirir, em outubro de 2007, a canadense Inco, por cerca de US$ 17 bilhões. Em novembro de 2005 a mineradora brasileira já havia comprado a também canadense produtora de níquel Canico, cujo projeto no Brasil, Onça Puma[3] , está localizado próximo à mina de níquel Vermelho, no Pará, e que já pertencia à Vale.

[3] Projeto concebido para aproveitamento dos depósitos de níquel, no município de Ourilândia do Norte, sudeste do Pará, com estudo de viabilidade já concluído. As reservas, provada e provável, somam 110,32 milhões de toneladas de minério laterítico, com um teor "in situ" de 1,6% de níquel (para os primeiros 20 anos). O empreendimento tem capacidade nominal de 58 mil toneladas por ano de níquel contido em ferroníquel e o comissionamento está previsto para o final de 2008, com a produção começando em janeiro de 2009.

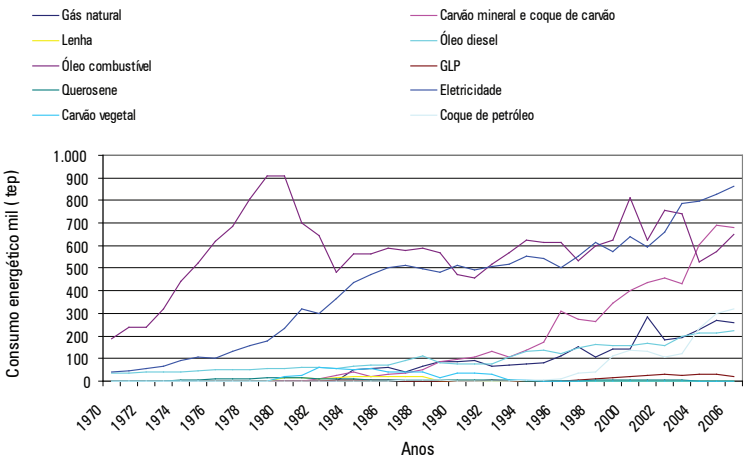
4 Caracterização Energética

4 Caracterização Energética

4.1 Consumo de energia

A indústria extrativa mineral foi responsável por 3,9% do consumo energético total da indústria brasileira em 2006.

O Gráfico 7 apresenta a evolução, de 1970 a 2006, do consumo dos energéticos usados na indústria extrativa mineral no País. A evolução, neste período, das parcelas de mercado destes energéticos está indicada na Gráfico 8, enquanto que estas parcelas em 2006 estão ilustradas na Gráfico 9.

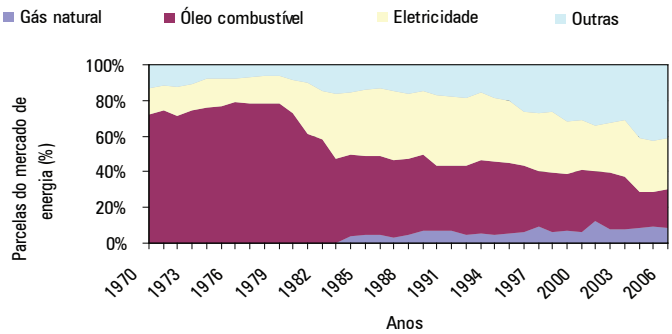


Fonte: Elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007a)

Gráfico 7

Consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira, de 1970 a 2006

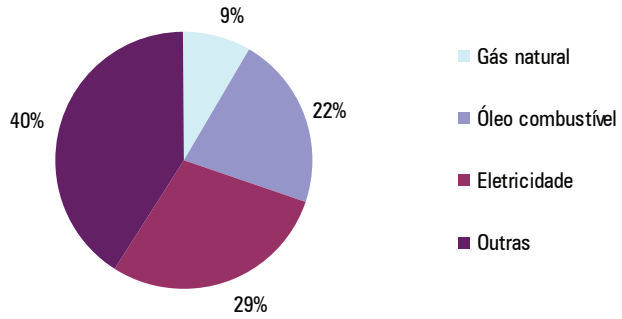
Na década de 1970 o principal energético consumido na indústria extrativa mineral no País era o óleo combustível (Gráfico 8). Neste período, os consumos, tanto de óleo combustível como de eletricidade, cresceram muito (Gráfico 7), refletindo o grande dinamismo desta indústria na época. Durante a primeira metade da década de 1980 houve uma redução grande na parcela de mercado deste combustível, como reflexo do choque do preço do petróleo em 1979, mas a taxa de crescimento do consumo de energia elétrica aumentou mais ainda.



Fonte: Elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007a)

Gráfico 8

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira, de 1970 a 2006



Fonte: Elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2007a)

Gráfico 9

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral brasileira em 2006

A partir de meados da década de 1980 o óleo combustível foi sendo parcialmente substituído, sobretudo por carvão mineral e coque[1] de carvão mineral, mas, também, mais recentemente, por coque de petróleo e gás natural, nesta ordem.

Apesar destas substituições, o óleo combustível continuou sendo um combustível importante na matriz energética desta indústria, respondendo por 22% do seu consumo energético total em 2006.

O consumo de óleo diesel cresceu continuamente ao longo de todo o período aqui analisado, dada a sua importância no transporte local dos minerais extraídos, antes e após o seu beneficiamento.

[1] Coque é uma substância sólida combustível, composta de carbono (90 a 95%) com elevada resistência mecânica, resultante do processo de craqueamento (quebra de moléculas complexas em mais simples) de resíduos pesados (coqueamento), cuja queima não deixa cinzas.

Em 2006, a energia elétrica era o principal insumo energético consumido nesta indústria, responsável por 29% do seu consumo energético total. O conjunto dos combustíveis, exceto o óleo combustível e o gás natural, compunham 40% deste consumo naquele ano. 91% do consumo de energia da indústria extrativa mineral ocorrem na etapa de beneficiamento, sobretudo em equipamentos elétricos e secadores.

Todo o consumo de óleo diesel ocorre na etapa de extração dos minérios.

4.2 Distribuição dos consumos de energia final e energia útil por usos finais

A Tabela 9 apresenta as estimativas do Balanço de Energia Útil (BEU) para as distribuições percentuais, por usos finais, dos consumos dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral no País, em 2004.

Tabela 9

Distribuição percentual do consumo dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral no Brasil, por usos finais, em 2004

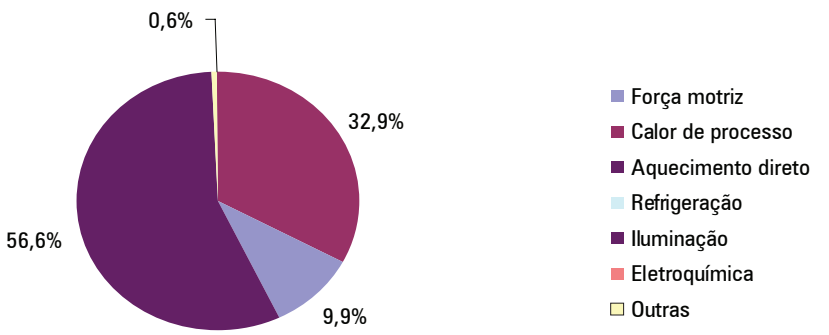
Energético	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outras	Soma
Gás natural	0,0	37,5	62,5	0,0	0,0	100,0
Carvão metalúrgico	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Óleo diesel	87,3	12,5	0,2	0,0	0,0	100,0
Óleo combustível	0,0	6,3	93,7	0,0	0,0	100,0
GLP	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Querosene	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Coque de carvão mineral	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Eletricidade	92,4	1,5	4,0	2,0	0,1	100,0
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	37,5	62,5	0,0	0,0	100,0

Fonte: Elaboração própria, com base em (MME, 2005a)

Os usos finais da energia considerados neste trabalho foram os mesmos do BEU:

- aquecimento direto: energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas;
- calor de processo, na forma de vapor gerado: energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou circulação de fluídos térmicos;
- força motriz: energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores, etc;
- iluminação: energia utilizada em iluminação de interiores e externa;
- outros usos finais: energia utilizada em computadores, telecomunicações, máquinas de escritório, xerografia e equipamentos eletrônicos de controle.

Aplicando-se as distribuições da Tabela 9 aos consumos finais destes energéticos em 2006, obtêm-se os resultados expressos no Gráfico 10. Esta figura mostra que o maior uso final da energia na indústria extrativa mineral, em 2006, foi o aquecimento direto (56,6%), seguido pela força motriz (32,9%) e calor de processo (9,9%); os outros usos foram muito pequenos ou nulos.



Fonte: Elaboração própria, com base em (MME, 2005a)

Gráfico 10
Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria extrativa mineral no Brasil, em 2006

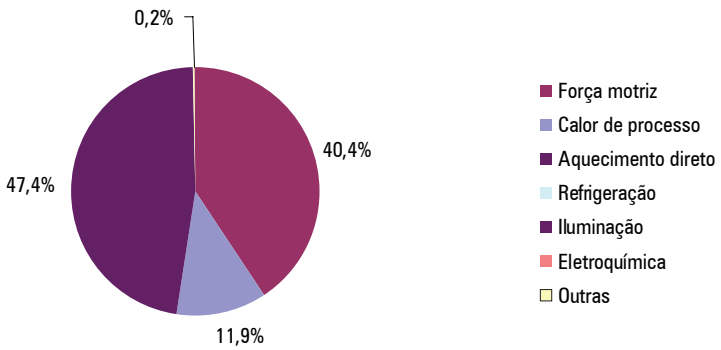
Os rendimentos médios de conversão, estimados no BEU para o consumo dos energéticos utilizados na indústria extrativa mineral, estão indicados na Tabela 10.

Tabela 10
Rendimentos médios de conversão, em %, estimados para 2004, dos energéticos consumidos na indústria extrativa mineral no Brasil

Energéticos	Força motriz (FM)	Calor de processo (CP)	Aquecimento direto (AD)	Iluminação	Refrigeração	Outras
Gás natural	33,0	78,0	55,0	-		
Carvão metalúrgico			55,0			
Óleo diesel	43,0	78,0	55,0	-		
Óleo combustível	-	78,0	55,0	-		
GLP	28,0	78,0	55,0	-		
Querosene	28,0	78,0	55,0			
Coque de carvão mineral			55,0			
Eletricidade	90,0	95,0	55,0	24,5	60,0	100,0
Outras fontes secundárias do petróleo		78,0	55,0			

Fonte: Elaboração própria, com base em (MME, 2005a)

A aplicação dos rendimentos da Tabela 10 aos consumos finais dos energéticos da indústria extrativa mineral no País, em 2006, permite estimar a distribuição, por usos finais, do consumo total de energia útil desta indústria naquele ano, conforme representado na Gráfico 11.



Fonte: Elaboração própria, com base em (MME, 2005a)

Gráfico 11

Distribuição percentual, por usos finais, do consumo total de energia útil da indústria extrativa mineral no Brasil, em 2006

Comparando o Gráfico 10 e Gráfico 11, observa-se aumentos substanciais nas participações da força motriz e do calor de processo entre os usos finais da energia útil consumida por esta categoria industrial, em detrimento da participação do aquecimento direto.

Segundo o BEU (MME, 2005a), a energia útil consumida na indústria cerâmica brasileira em 2006 correspondeu a 65,7% da energia final adquirida naquele ano.

Na indústria de mineração, o levantamento realizado pela FDTE entre as empresas declarantes do Balanço Energético Nacional (BEN) resultou em apenas uma resposta. Essa resposta contemplava apenas os combustíveis óleo diesel e óleo combustível. Para apurar a destinação desses insumos, considerou-se a média ponderada dos parâmetros dessa empresa (peso 0,1) com os oriundos do levantamento de 1994 (peso 0,9). Para a energia elétrica, foram adotados os parâmetros do levantamento de 1994. Essa foi também a solução adotada para os insumos de uso eventual.

Na fabricação de pelotas, que também faz parte da indústria extrativa mineral, o levantamento realizado pela FDTE, entre as empresas declarantes do BEN, não resultou em nenhuma resposta. Foi feita uma análise da tecnologia do setor através dos portais dos principais fabricantes (CVRD, Samarco, Nibrasco, Hispanobrás, Kobrasco, Itabrasco e outras) e de algumas publicações técnicas. Os principais insumos energéticos deste segmento da indústria extrativa mineral são o gás natural e o óleo combustível (usados nos fornos de queima das pelotas), o carvão mineral, o carvão vegetal e o coque (usados junto com o calcário, como aditivos do minério, para a queima no forno e redução do minério) e a energia elétrica (usada como força motriz para peneiramento do minério, formação das pelotas e transporte). Adotou-se, para a distribuição por usos finais dos consumos destes energéticos, praticamente a mesma distribuição obtida com o levantamento de 1994, com pequenos ajustes.

Em suma, os valores da Tabela 9 não estão respaldados por um levantamento de campo recente.

4.3 Intensidades elétrica e de energia térmica

A Tabela 11 mostra a evolução do valor adicionado, dos consumos e intensidades de energia elétrica e energia térmica e da indústria extrativa mineral brasileira, durante o período de 1996 a 2005.

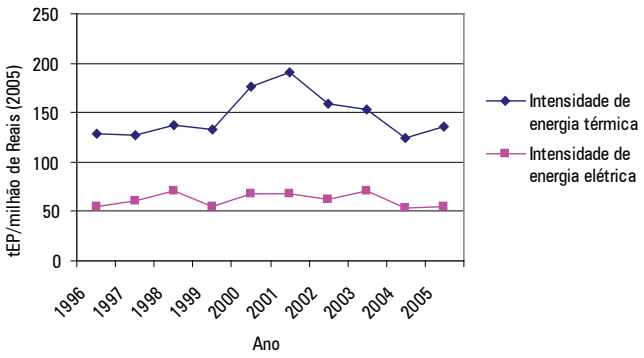
Tanto a intensidade elétrica como a de energia térmica oscilaram muito ao longo do período representado na Tabela 11, mas, a primeira delas, apresentou nos últimos dois anos da série, valores próximos ao inicial, enquanto que se pode perceber, superposta às oscilações, uma tendência de aumento na segunda.

Tabela 11
Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria extrativa mineral no Brasil, de 1996 a 2005

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
VA (10^6 R$ de 2005)	9.046	9.067	8.647	10.551	9.484	8.786	10.708	11.175	14.816	15.239
CEL (10^3 tep)	503	555	615	576	639	594	660	785	799	829
IEL (tep/(10^6 R$ de 2005))	55,6	61,2	71,1	54,6	67,4	67,6	61,6	70,2	53,9	54,4
CET (10^3 tep)	1.167	1.148	1.184	1.403	1.674	1.674	1.696	1.710	1.843	2.076
IET (tep/(10^6 R$ de 2005))	129,0	126,6	136,9	133,0	176,5	190,5	158,4	153,0	124,4	136,2

Fonte: Elaboração própria, a partir de (EPE, 2007a) Disponível em: <www.ibge.gov.br>

O Gráfico 12 mostra a evolução das intensidades de energia térmica e de energia elétrica, no período de 1996 a 2005, da indústria extrativa mineral.



Fonte: Elaboração própria, a partir de (EPE, 2007ª) e www.ibge.gov.br.

Gráfico 12
Evolução das intensidades de energia térmica e de energia elétrica, no período de 1996 a 2005, da indústria extrativa mineral

4.4 Consumos energéticos específicos

A evolução, de 1997 a 2005, da produção primária bruta de minério no Brasil está indicada na Tabela 12, onde estão excluídas a produção de água mineral e dos minerais energéticos (turfa, petróleo, xisto, urânio e outros minerais radioativos). Esta tabela também apresenta os consumos de energia térmica, energia elétrica e consumo total de energia da indústria extrativa mineral brasileira, no período em questão, e seus respectivos consumos específicos.

Pode-se observar, na Tabela 12, que o consumo específico de energia térmica cresce bastante até 2002, caindo a partir de 2003, sem, no entanto, atingir valores próximos ao do início da série. O consumo específico de eletricidade também cresceu bastante, até 2004, caindo um pouco no ano seguinte.

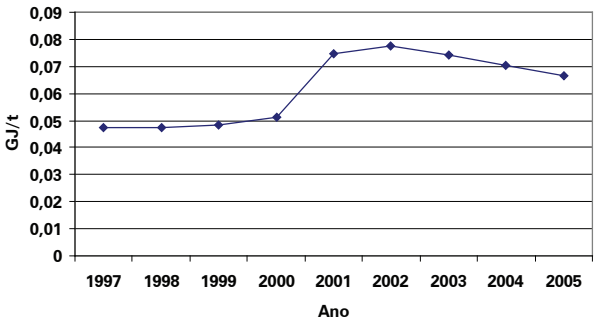
Como consequência dos comportamentos destes dois consumos específicos, tem-se que o consumo específico de energia (total) também cresceu significativamente, no caso até 2003, caindo um pouco nos dois anos subseqüentes.

Tabela 12
Produção primária bruta de minérios, consumos energéticos, desagregados em energia térmica e eletricidade, e os respectivos consumos energéticos específicos da indústria extrativa mineral no Brasil, de 1997 a 2005

Ano	Unidade	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Produção primária bruta de minérios	10^6 t	1.030	1.012	1.026	1.146	938	904	956	1.018	1.157
Consumo de energia térmica	PJ	48,86	48,07	49,57	58,74	70,09	70,09	71,01	71,60	77,17
Consumo de eletricidade	PJ	23,24	25,75	24,12	26,75	24,87	27,63	32,87	33,45	34,71
	GWh	5.850	6.455	7.152	6.699	7.432	6.908	7.676	9.130	9.292
Consumo total de energia	PJ	72,10	73,82	73,69	85,49	94,96	97,72	103,88	105,05	111,88
Consumo específico de energia térmica	GJ/t	0,0474	0,0475	0,0483	0,0513	0,0747	0,0775	0,0743	0,0703	0,0667
Consumo específico de eletricidade	kWh/t	5,68	6,38	6,97	5,84	7,92	7,64	8,03	8,97	8,03
Consumo específico de energia	GJ/t	0,0700	0,0729	0,0718	0,0746	0,1012	0,1081	0,1087	0,1032	0,0967

Fontes: DNPM, 2006; EPE, 2007a

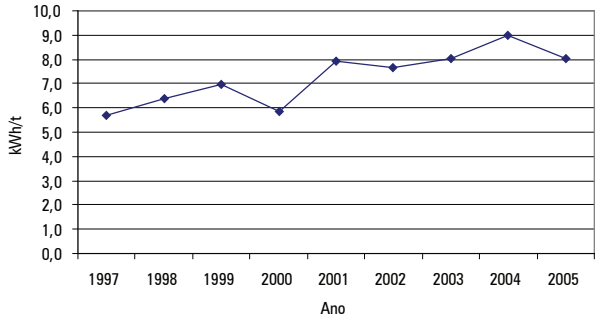
Estes indicadores mostram claramente que a preocupação com a otimização do consumo energético nesta indústria é bem recente. Os resultados obtidos até agora com as estratégias de conservação de energia adotadas são ainda modestos. O Gráfico 13, Gráfico 14 e Gráfico 15 permitem visualizar a evolução destes indicadores no período de 1997 a 2006.



Fonte: Elaborada mediante dados do DNPM, 2006 e EPE, 2007ª.

Gráfico 13

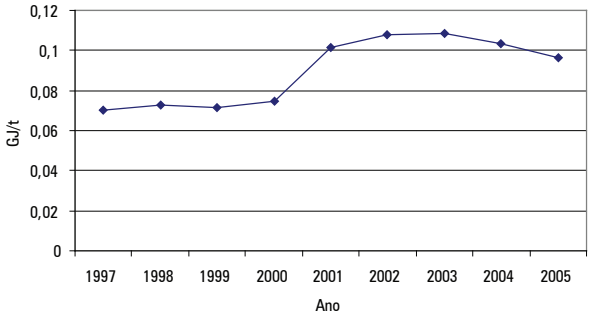
Evolução do consumo específico de energia térmica, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral



Fonte: Elaborada mediante dados do DNPM, 2006 e EPE, 2007ª.

Gráfico 14

Evolução do consumo específico de energia elétrica, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral



Fonte: Elaborada mediante dados do DNPM, 2006 e EPE, 2007ª

Gráfico 15

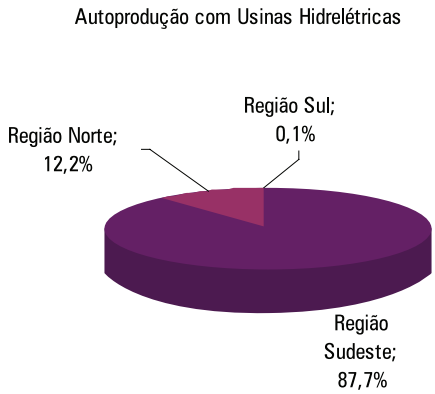
Evolução do consumo específico de energia total, no período de 1997 a 2005, da indústria extrativa mineral

4.5 Autoprodução de energia elétrica

Em 31/12/2006 havia 204,0 MW instalados em centrais hidrelétricas e 85,8 MW instalados em usinas termelétricas, em um total de 289,8 MW de capacidade de autoprodução de energia elétrica na indústria extrativa mineral brasileira (EPE, 2007a).

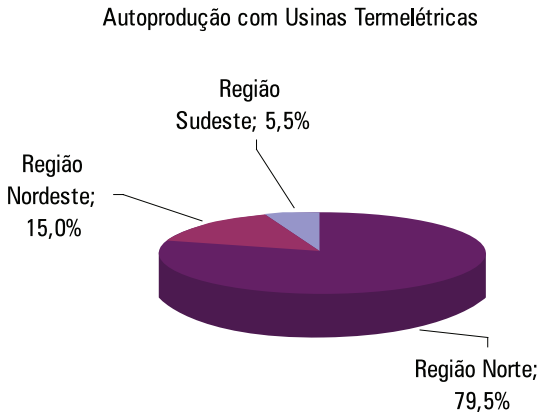
A participação relativa na capacidade total das usinas hidrelétricas no ano 2006 está mostrada no Gráfico 16. Na região Sudeste, as usinas se localizam nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo, enquanto que na região Norte, no Amazonas, e na região Sul, no Rio Grande do Sul.

O Gráfico 17 apresenta a participação relativa, por regiões, na capacidade total das usinas termelétricas, também no ano 2006; as usinas na região Norte situavam-se no Pará, na região Nordeste, na Bahia e na região Sudeste, nos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo.



Fonte: Elaborado mediante dados do Balanço Energético Nacional – BEN, 2007

Gráfico 16
Participação, na capacidade instalada, de usinas hidrelétricas por região do Brasil, em 2006



Fonte: Elaborado mediante dados do Balanço Energético Nacional – BEN, 2007

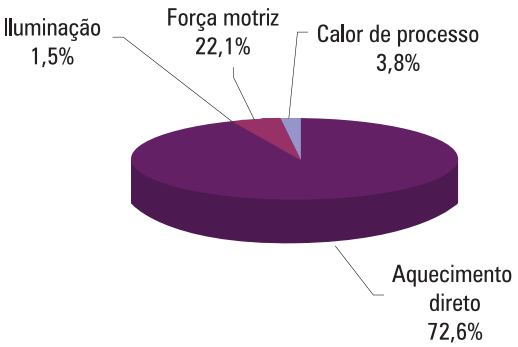
Gráfico 17
Participação, na capacidade instalada, de usinas termelétricas, por região do Brasil, em 2006

5 Potencial de Conservação de Energia

5 Potencial de Conservação de Energia

Mellado e Cerda (2008) divulgaram os seguintes potenciais de economia de energia na indústria extrativa mineral chilena: extração de cobre – 2,2%, extração de minério de ferro – 3,2% e extração de salitre – 3,2%.

A substituição por equipamentos mais eficientes possibilitaria uma economia de 6,4% no consumo energético total da indústria extrativa mineral no Brasil em 2006, segundo os dados do último levantamento do Balanço de Energia Útil do Ministério de Minas e Energia (MME, 2005). O Gráfico 18 mostra os potenciais desta economia que seria obtida, por uso final.



Fonte: Elaborada mediante dados do Balanço de Energia Útil do MME, 2005

Gráfico 18
Potenciais de economia de energia na indústria extrativa mineral, segundo o Balanço de Energia Útil do MME, em 2006

6 Caracterização Ambiental

6 Caracterização Ambiental

6.1 Principais resíduos sólidos, líquidos e gasosos produzidos

Há quatro categorias de problemas ambientais que envolvem as atividades de mineração no Brasil (CGEE, 2002):

- A poluição da água,
- A poluição do ar,
- A poluição sonora,
- A subsidência do terreno,

Os efeitos indesejados destes problemas incluem alterações do ambiente, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano.

A mineração em área urbana tem provocado desconforto ambiental mesmo quando as emissões estão abaixo dos padrões ambientais estabelecidos, Além disso, os impactos visuais, resultantes dos altos volumes de rocha e solos movimentados e às dimensões da cava ou da frente da lavra, também afetam o ambiente urbano (Dias, 2001).

A produção de ouro no Brasil tem deixado um grande passivo ambiental nos municípios de Poconé, Alta Floresta e Peixoto de Azevedo, em Mato Grosso, e nos rios Tapajós, Madeira e Gurupi, e em Serra Pelada, no Pará. Os principais impactos ambientais decorrentes desta atividade são: o desmatamento e queimadas, a alteração nos aspectos qualitativos e no regime hidrológico dos cursos d'água, queima de mercúrio metálico ao ar livre, desencadeamento dos processos erosivos, mortalidade da ictiofauna, fuga de animais silvestres, poluição química provocada pelo mercúrio metálico na hidrosfera, biosfera e na atmosfera (CGEE, 2002).

A Tabela 13 apresenta os principais impactos ambientais da extração de algumas substâncias minerais em diversas regiões do Brasil, e as medidas preventivas e/ou corretivas recomendadas.

6.2 Legislação e medidas mitigadoras

As diretrizes para a exploração de recursos minerais no Brasil estão sistematizadas através de leis, decretos, normas e resoluções governamentais. Entre os principais documentos, a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e o Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que regulamentou o artigo 2º, inciso VIII daquela lei, oferecem um ordenamento jurídico para esta atividade. As Resoluções CONAMA nº 9 e 10, de 06 de dezembro de 1990, determinam normas para o licenciamento ambiental de extração mineral – classes I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX (CARVALHO, 1999).

Muitas mineradoras de pequeno e médio porte, que se constituem em quase 95% das empresas do setor, estão adotando o Sistema Cooperativo para encontrar soluções para os problemas ambientais na mineração. Medidas para atenuar, controlar, mitigar e compensar os impactos têm sido empreendidas tanto pelos pequenos quanto pelos grandes mineradores, utilizando-se de planejamento, desde a fase de concepção do projeto e durante o estudo de viabilidade econômica.

Ações planejadas para mitigar impactos, de uma maneira geral, incluem (Campos e Fernandes, s.d.):

(I) concentrar as instalações de tratamento próximo à lavra, reduzindo as vias de acesso e gerando planos de controle atuantes nos locais;

(II) possuir conhecimento geológico da área, para uma definição exata da vegetação a ser suprimida, evitando o desmate desnecessário;

(III) aquisição de equipamentos novos e operação bem regulada de todos os equipamentos, a fim de minimizar a emissão de poluentes.

Tabela 13

Principais impactos ambientais da mineração no Brasil

Substância Mineral	Estado	Principais problemas	Ações Preventivas e ou Corretivas
Ferro	MG	Antigas barragens de contenção, poluição de águas superficiais	Cadastramento das principais barragens de decantação em atividade e as abandonadas; Caracterização das barragens quanto à estabilidade; Preparação de estudos para estabilização
Ouro	PA	Utilização de mercúrio na concentração do ouro de forma inadequada; aumento da turbidez, principalmente na região de Tapajós	Divulgação de técnicas menos impactantes; monitoramento de rios onde houve maior uso de mercúrio
	MG	Rejeitos ricos em arsênio; aumento da turbidez	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
	MT	Emissão de mercúrio na queima de amálgama	Divulgação de técnicas menos impactantes
Chumbo, Zinco e Prata	SP	Rejeitos ricos em arsênio	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
Chumbo	BA	Rejeitos ricos em arsênio	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
Zinco	RJ	Barragem de contenção de rejeito, de antiga metalurgia, em péssimo estado de conservação	Realização das obras sugeridas no estudo contratado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro
Carvão	SC	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem ácida, proveniente de antigos depósitos de rejeitos	Atendimento às sugestões contidas no Projeto Conceitual para Recuperação da Bacia Carbonífera Sul Catarinense
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometida devido a craação desordenada de áreas alagadas	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba, acarretando na destruição da mata ciliar, turbidez, conflitos com uso e ocupação do solo	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento e de transporte
	RJ e SP	Produção de brita nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, acarretando: vibração, ruído, emissão de particulado, transporte, conflitos com uso e ocupação do solo	Aplicação de técnicas menos impactantes; Estudos de alternativas de abastecimento
Calcário	MG e SP	Mineração em áreas de cavernas com impactos no patrimônio espeleológico	Melhor disciplinamento da atividade através da revisão da Resolução Conama n o 5 de 06/08/1987
Gipsita	PE	Desmatamento da região do Araripe devido a utilização de lenha nos fornos de queima da gipsita	Utilização de outros tipos de combustível e incentivo ao reflorestamento com espécies nativas
Cassiterita	RO e AM	Destruição de Florestas e leitos de rios	Racionalização da atividade para minimizar os impactos

Fonte: CGEE, 2002

Segundo Campos e Fernandes, empresas de mineração em lavras mais recentes têm considerado o fator ambiental[1]. Porém, o passivo ambiental das minerações mais antigas ainda não tem solução adequada para recuperação, reabilitação e implantação de planos de controle e monitoramento, requerendo estudos mais aprofundados, maior número de profissionais e, consequentemente, mais custos.

A empresa Mineração Rio do Norte[2] , por exemplo, investiu em 2003, US$ 5 milhões em ações para conservação, monitoramento biológico e físico-químico nas áreas de suas atividades operacionais e circunvizinhanças, envolvendo planos de manejo de florestas e reservas biológicas, e projetos de educação ambiental.

O Relatório Anual de Sustentabilidade 2006 da Companhia Vale do Rio Doce[3] mostra que, nesse ano, foram investidos R$ 317 milhões em ações ambientais. Entre as medidas contempladas, destacam-se a conservação de 1,4 milhões de hectares de vegetação nos estados brasileiros do Pará, Espírito Santo e Minas Gerais, e a reabilitação de cerca de 2.350 hectares com espécies nativas dos ecossistemas da Mata Atlântica, do Cerrado e da Amazônia. Foi implementado um Sistema de Gestão da Qualidade Ambiental, com o objetivo de assegurar a inserção do meio ambiente de forma consistente e equilibrada na sua gestão empresarial.

A empresa Anglo American[4] tem desenvolvido projetos de MDL e monitoramento das áreas de sua atividade, especialmente no estado de Goiás, e tem como meta para os próximos anos ações para a proteção do cerrado, com foco especial nas margens de rios, monitoramento da pesca e estudos da flora.

[1] Barragens de contenção, desmatamento, áreas degradadas, alteração do regime hidrológico dos cursos d'água, processos de erosão e mortalidade da ictiofauna são alguns dos problemas ambientais gerados e ainda sem solução em mineradoras.
[2] Mineração Rio do Norte (MRN). Site. Disponível em: <http://www.mrn.com.br/meio_ambiente/investim.html>
[3] VALE. Site. Disponível em: <http://www.vale.com/vale/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=5>
[4] ANGLOAMERICAN. Site. Disponível em: <http://www.angloamerican.com.br/br/empresa/Layout_ web_port.pdf>

7 Metodologia de Cálculo do Potencial de Eficiência Energética para a Indústria Extrativa Mineral

7 Metodologia de Cálculo do potencial de Eficiência Energética para a indústria Extrativa Mineral

Esta indústria pode ser desagregada em dois processos produtivos: extração e beneficiamento. Embora, a priori, cada produto possua um consumo energético diferente nos processos citados acima, neste relatório trabalhou-se com a média, por falta de dados que subsidiassem as simulações.

Os consumos, médio e mínimo, de energia térmica e elétrica de cada etapa produtiva foram calculados multiplicando-se a produção física anual nacional pelos consumos energéticos específicos, médio e mínimo, de energia térmica e eletricidade.

O consumo específico médio representa a média nacional de energético consumido por unidade física de produto dentro de um processo industrial. Por outro lado, o consumo específico mínimo representa a quantidade de energia que seria consumida pelas indústrias se todas elas adotassem tecnologias que correspondem ao estado da arte.

A diferença entre os consumos, médio e mínimo, de energias térmica e elétrica, fornece o potencial técnico de conservação de energia. Tanto os consumos específicos, como os dados de produção física para cada produto ou etapa produtiva foram obtidos de literatura técnica e anuários estatísticos.

8 Comparação dos Resultados Calculados com os encontrados na Literatura Técnica

8 Comparação dos Resultados Calculados com os encontrados na Literatura Técnica

8.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade

A indústria extrativa mineral engloba uma gama imensa de produtos, desde minérios metálicos como chumbo e não metálicos como bário, até gemas e diamantes. Essa indústria pode ser desagregada em dois processos produtivos: extração e beneficiamento. Embora, a priori, cada produto possua um consumo energético diferente nos processos citados acima, neste relatório trabalhou-se com a média, por falta de dados que subsidiassem as simulações. A Tabela 14 mostra os consumos específicos de energia e a produção do setor.

Os valores dos consumos específicos foram obtidos a partir dos dados de consumo energético do BEN (2006) e das informações de produção física obtidas do Departamento Nacional de Produção Mineral (2007). Não foram encontrados valores mínimos de referência na literatura, sendo considerados, tanto para energia térmica, quanto para a energia elétrica, os menores valores das séries históricas levantados no projeto.

Tabela 14

Consumos específicos e produção para a indústria extrativa mineral

Segmento	Produto/ Processo	Produção (t)	Consumo específico de energia (tEP/t)			
			Energia térmica		Energia elétrica	
			Médio	Mínimo	Médio	Mínimo
Extrativa Mineral	Extração	1.156.744.919	0,000172	0,000138	0,000007	0,000005
	Beneficiamento	1.156.744.919	0,001399	0,000970	0,000628	0,000512

8.2 Potencial de conservação de energia

Os maiores potencias de conservação estão na etapa de beneficiamento, cerca de 93% do total do setor. A energia térmica, vista na Tabela 14, pode ser conservada em 535.572 tEP, contra apenas 136.496 tEP de energia elétrica. A Tabela 15 e o Gráfico 19 ajudam a visualizar o potencial de conservação de energia.

O potencial técnico total de conservação de energia dos produtos aqui analisados, como porcentagem de seu consumo energético, é de 6,4%.

Tabela 15

Potencial de conservação de energia na indústria extrativa mineral

Segmento	Produto/ Processo	Potencial de Conservação de Energia (tEP)						
		Energia térmica			Energia elétrica			Total por produto
		Aquecimento Direto / Secadores	Vapor de processo	Outros	Força motriz	Iluminação	Outros	
Extrativa Mineral	Extração	0	0	39.329	918	1.285	110	41.533
	Beneficiamento	265.639	230.604	0	130.774	1.932	1.476	628.950

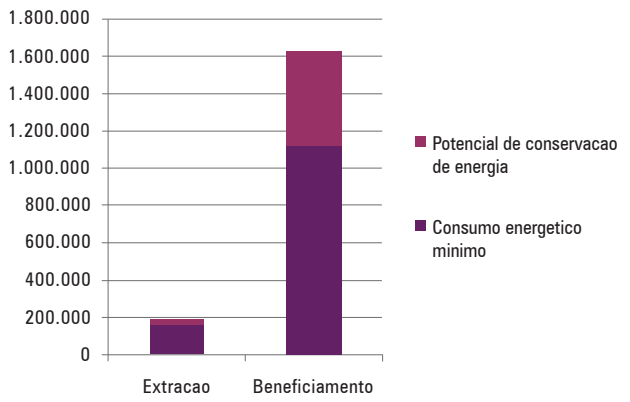


Gráfico 19

Consumo e potencial de conservação de energia térmica na indústria extrativa mineral

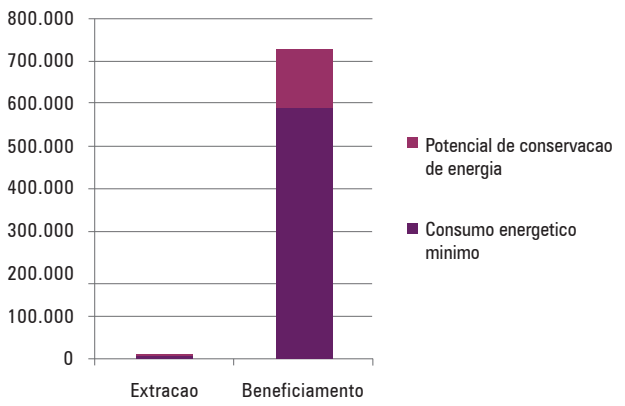


Gráfico 20

Consumo potencial de conservação de energia elétrica na indústria extrativa mineral

8.3 Potencial de conservação segundo o BEU

O BEU apresentou, para o setor de mineração e pelotização, um potencial de conservação de energia de 125,9 mil tEP. Esse valor é muito inferior aos 670,5 mil tEP obtidos neste relatório (Gráfico 21).

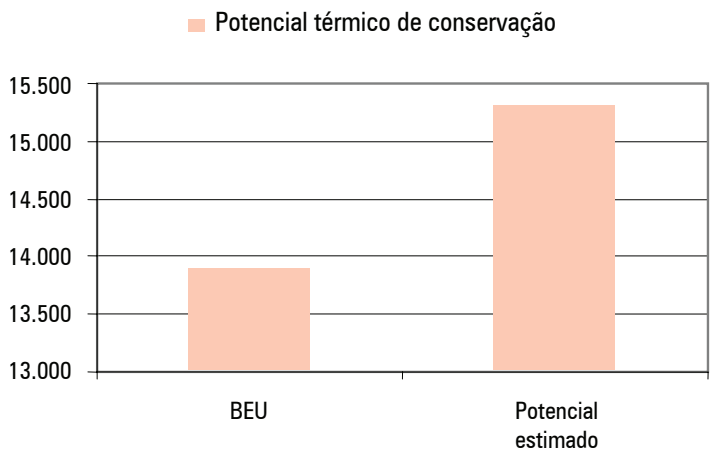


Gráfico 21
Comparação entre potenciais de conservação de energia na indústria extrativa mineral

9 Barreiras ao uso racional de energia

9 Barreiras ao uso racional de energia

A melhor utilização do suprimento de energia, as preocupações ambientais e os custos dos energéticos têm sido as principais motivações para eficientização energética das plantas do setor de extrativa mineral. Neste setor, no entanto, como a maioria das empresas é de pequeno porte[1], a questão de conservação de energia, com a adoção de programas de eficiência energética, está relacionada ao resultado de forças de mercado, com destaque às questões de sustentabilidade ambiental e sobrevivência nos mercados no longo prazo. Tal sistemática de ação interna aos setores está baseada na concorrência e na necessidade de qualidade.

Neste contexto, configuram-se em barreiras os aspectos organizacionais que conduzem à promoção de medidas de eficiência energética e à adoção de novas tecnologias, bem como as melhorias de processos com a diversificação das fontes de energia, com ênfase nas renováveis.

Fortes barreiras são encontradas para implantação efetiva de programas de eficiência energética nas plantas, sobretudo naquelas classificadas como pequenas (produção entre 10.000 e 100.000 t/ano), quais sejam:

I) desconhecimento, no nível das plantas, das tecnologias mais eficientes e dos seus potenciais benefícios;

II) aversão ao risco associado à introdução de novas tecnologias;

III) escassez de capital por parte das empresas para realizar os investimentos, além de limitações no acesso a crédito, em condições tão vantajosas quanto as obtidas pelas empresas responsáveis pela oferta de energia;

IV) ausência de incentivos para os agentes envolvidos na seleção dos equipamentos e na gestão de energia das instalações;

V) retorno de investimento relativamente longo;

VI) preços, normalmente, bastante elevados das tecnologias mais eficientes;

VII) a substituição de energéticos por aqueles mais eficientes depende dos preços e da logística de fornecimento, levando em conta a localização das minas.

[1] Duas empresas, a Companhia Vale do Rio Doce - Vale e a Minerações Brasileiras Reunidas S/A – MBR detêm, respectivamente, 40,24% e 13,68% do valor da produção minerária comercializada do país.

10 Conclusão

10 Conclusão

A indústria extrativa mineral apresenta impactos tanto nos aspectos econômicos quanto nos ambientais, e vem, timidamente nos últimos anos, esforçando-se no desenvolvimento de projetos e melhoria de desempenho de equipamentos em seus processos. Como as pesquisas, na sua maioria, vêm sendo subsidiadas pela própria indústria, os avanços mais significativos se deram na modelagem dos equipamentos mais comuns em plantas de minérios metálicos. Destaca-se a pesquisa para integração das operações de britagem e moagem ao desmonte, bem como a previsão de grau de liberação do produto moído. O beneficiamento, que inclui operações de britagem por impacto, moagem a seco e micronização, vem recebendo menor atenção.

O panorama do consumo energético neste setor mostra um consumo específico de 0,0967 GJ/t, e um consumo específico de energia elétrica global de 8,03 kWh/t - resultados modestos em relação às medidas tomadas só recentemente, portanto, insuficientes.

Os potenciais de energia térmica e de energia elétrica representam, respectivamente, 18,5% e 5% de toda a energia consumida no setor, sobressaindo os ganhos de eficiência em energia térmica, que podem ser obtidos nos secadores e caldeiras. Na força motriz também há oportunidades de ganhos de eficiência, residindo nos motores elétricos convencionais e nos britadores as maiores possibilidades. A integração das operações de britagem e moagem (cominuição) e otimização do calor de processo constituem em outras duas oportunidades de conservação.

Os resultados mostraram que melhorias na utilização de energia na indústria extrativa mineral podem ser alcançadas ao longo do tempo, combinando-se diversos fatores. Alguns investimentos serão necessários para que projetos com pouco tempo de maturação não aumentem a defasagem tecnológica em relação ao desenvolvimento recente do setor. Outro ponto importante é a superação da resistência a rápidas mudanças tecnológicas.

Cabe, também, propor melhorias, no âmbito da pesquisa aplicada na indústria mineral brasileira, aliando-a com as instituições de pesquisa e centros de excelência. Desta forma é possível reduzir a lacuna existente, tanto na gestão de recursos destinados à pesquisa e formação de grupos especializados, quanto na oferta de dados e informações e sua divulgação.

Referências

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Site**. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CoGeracao.asp?>. Acesso em: jun. 2007.

CAMPOS, E. E.; FERNANDES, L. E. V. A. **Controle ambiental aplicado à produção de agregados**. Disponível em: <http://www.cetec.br/agregados/conteudo/Contribuição%20 Edson%20Esteves%20 e%20Lúcia%20Fernandes.PDF>. Acesso em: maio 2009.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). **Site**. Disponível em <http://www.cetem.gov.br>. Acesso em: jun. 2007.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE); PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Relatório mineração e meio ambiente no Brasil**. [s.l], 2002.

DELBONI, H. JR. **Ajuste de modelos empíricos de operação de ciclones**. Dissertação (Mestrado)–Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo**: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado)–Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

DINIZ, C. C. Global-Local: interdependência e desigualdade ou notas para uma política tecnológica e industrial regionalizada no brasil. In: SEMINÁRIO ARRANJOS&SISTEMAS PRODUTIVOS LOCAIS E AS NOVAS POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Informe Mineral**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acesso em: maio 2007.

DURÃO, V. S. Rio Tinto investe US$ 650 milhões. **Valor Econômico**, Rio de Janeiro, p. B-1. quinta-feira, 2 set. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Site**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: maio 2007.

IPEADATA. **Site**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: jun. 2007.

METSO MINERALS. **Site**. Disponível em: <http://www.metsominerals.com.br>. Acesso em: jun. 2007.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. (MINEROPAR). **Site**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br>. Acesso em: maio 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço energético nacional, 2006**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/seclect_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=4040>. Acesso em: mar. 2007.

MONTEIRO, M. A. Meio Século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos Avançados**, 19 (53), 2005.

MINERAÇÕES ASSOCIADAS S.A (SAMA). **Site**. Disponível em <http://www.sama.com.br>. Acesso em: maio 2007.

TOLMASQUIM (coord.) et al. **A matriz energética brasileira na virada do milênio**. Rio de Janeiro: ENERGE, 2000. 541 p.

WORLD BANK. **Sharing experience**: enhancing the benefits to communities from extractive industry projects. Washington, 2006.

Glossário

Glossário

Aglomeração de finos – processo que agrega partículas de solo ou sedimento, que passam pela peneira padrão nº 200, isto é, partículas de dimensões inferiores a 0,074 mm. No caso de metais, as frações que geram produto de alta resistência.

Bancada da rocha – área correspondente à face e topo da rocha, com forma geométrica de talude, em que será executado o desmonte a céu aberto, com diferentes níveis. Semelhante aos degraus de uma escada.

Beneficiamento de minério – é a concentração de minério ou de minerais úteis, por remoção de materiais indesejáveis por vários processos como gravitativo, magnético, flotação, precipitação química etc.

Estéril – minério com pouco ou nenhum mineral útil. Refere-se também ao mineral acompanhante de mineral, que não tem aplicação econômica.

Flotação – processo de separação de partículas minerais que explora diferenças nas características de superfície entre as várias espécies existentes. A seletividade do processo é baseada no fato de as superfícies das espécies poderem apresentar diferentes graus de hidrofobicidade.

Granulometria – medição das dimensões dos componentes clásticos de um sedimento ou de um solo.

Lavra – fase da mineração representada pelo conjunto de operações que tem como objetivo a extração econômica das diversas substâncias minerais úteis ou fósseis de uma jazida, até o seu beneficiamento primário.

Lixiviação – (1) deslocamento ou arraste, por meio líquido, de certas substâncias contidas nos resíduos sólidos. (2) forma de meteorização e intemperismo que ocasiona a remoção de material solúvel por água percolante.

Subsidência – afundamento de uma região na crosta terrestre em relação às áreas circunvizinhas.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

Wagner Cardoso
Gerente de Infraestrutura

Equipe Técnica
Francine Costa Vaurof
Rafaella Sales Dias
Rodrigo Sarmento Garcia

Produção Editorial
Núcleo de Editoração Eletrônica - CNI

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Renata Lima
Normalização

Consultores

Ivo Leandro Dorileo
Sérgio Bajay
Filipe Debonzi Gorla

Equipe Técnica
ELETROBRAS / PROCEL

PROCEL INDÚSTRIA
Alvaro Braga Alves Pinto
Bráulio Romano Motta
Carlos Aparecido Ferreira
Carlos Henrique Moya
Marcos Vinícius Pimentel Teixeira
Roberto Ricardo de Araujo Goes
Rodolfo do Lago Sobral

Colaboradores
George Alves Soares
Humberto Luiz de Oliveira
Marília Ribeiro Spera
Roberto Piffer
Vanda Alves dos Santos

Cristine Bombarda Guedes
Revisão Gramatical

Kelli Mondaini
Revisão Gráfica

CT Comunicação
Projeto Gráfico/Editoração

CNI
Confederação Nacional da Indústria

PROCEL
PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Eletrobras

Ministério de Minas e Energia

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL

ISBN 978-85-7957-014-8
9 788579 570148 >